

Cognome e nome

Campana Carolina Maria

Classe

1 A Liceo Scientifico

Data

07/04/2015

Gruppo

pag.1/6

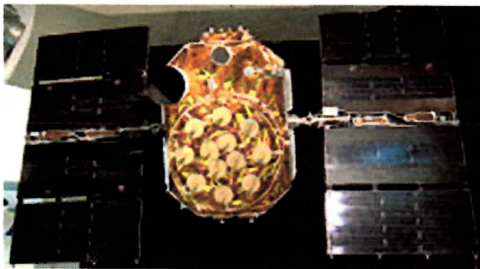
MISURA DEL RAGGIO TERRESTRE OSSIA ERATOSTENE CON IL GPS

Cos'è il GPS?

Il **GPS Global Positioning System = Sistema di Posizionamento Globale** è un sistema di posizionamento e navigazione satellitare civile che, attraverso una rete di satelliti artificiali in orbita, fornisce ad un ricevitore GPS informazioni sulle coordinate geografiche ed orario, in ogni condizione meteorologica, ovunque sulla Terra. Il sistema GPS è costituito da una costellazione di 27 satelliti ad alimentazione solare che si muovono intorno alla terra in orbite quasi circolari a un'altezza di circa 20.000 km. Le orbite sono disposte in modo che da qualsiasi punto della terra siano sempre visibili **almeno quattro** dei satelliti operativi.

Il sistema si compone di:

- 1) un **segmento spaziale** (*space segment*) che comprende da 24 a 32 satelliti), a un'altezza di circa 20.000 km (*troposfera*)



- 2) un **segmento di controllo** (*control segment*),



- 3) un **segmento utente**, detto ricevitore (*user segment*).



Cognome e nome Campana Carolina Maria	Classe 1 A Liceo Scientifico	Data 07/04/2015	Gruppo pag.2/6
--	---------------------------------	--------------------	-------------------

Come funziona il GPS?

La localizzazione avviene tramite la trasmissione di un segnale radio da parte di ciascun satellite coinvolto e l'elaborazione dei segnali ricevuti da parte del ricevitore.

Il segnale che ogni satellite invia al GPS posizionato in un punto P contiene 2 informazioni:

1) l'istante di tempo

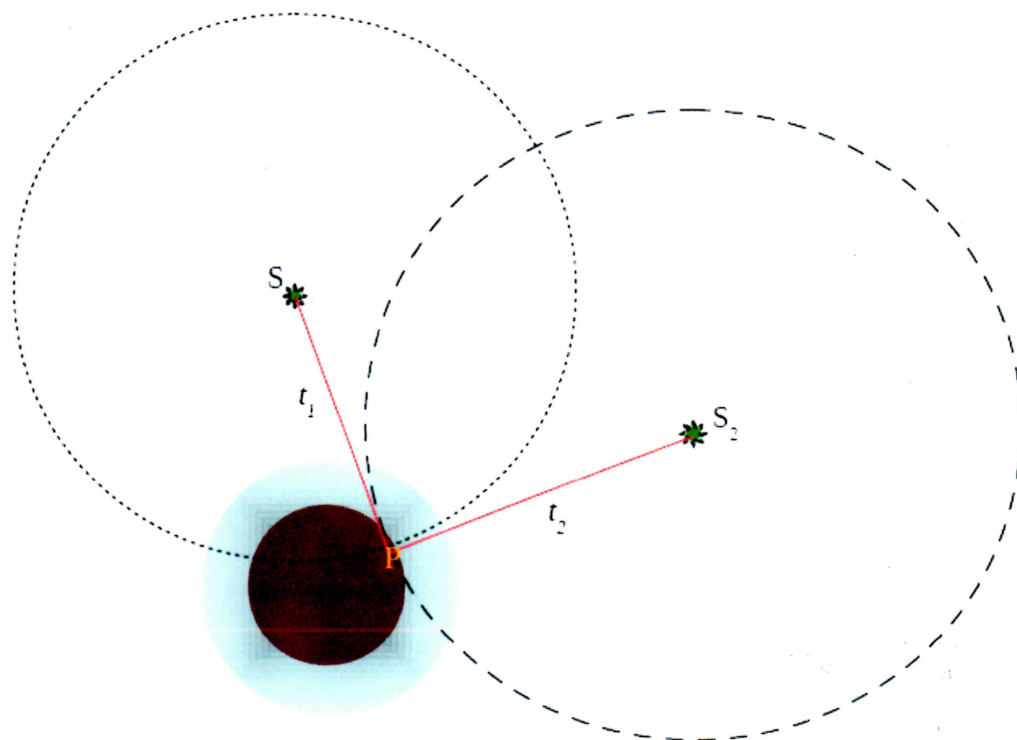
in cui il segnale è stato ricevuto (sui satelliti l'orologio è precisissimo, è un orologio atomico al Cesio. L'orologio a bordo dei ricevitori GPS al contrario è molto meno sofisticato e non perfettamente sincronizzato. Deve essere corretto frequentemente e solitamente la sincronizzazione avviene all'accensione del dispositivo ricevente, utilizzando l'informazione che arriva dal quarto satellite. Se il ricevitore avesse anch'esso un *orologio al cesio* sarebbero sufficienti le informazioni fornite da 3 satelliti!)

2) le coordinate spaziali del satellite in quel momento.

Satellite $_1$: istante $_1$ coordinate spaziali $_1$

Satellite $_2$: istante $_2$ coordinate spaziali $_2$

Satellite $_n$: istante $_n$ coordinate spaziali $_n$



Cognome e nome Campana Carolina Maria	Classe 1 A Liceo Scientifico	Data 07/04/2015	Gruppo pag.3/6
--	---------------------------------	--------------------	-------------------

Già con 2 satelliti ho informazioni sufficienti a identificare sulla superficie terrestre il punto P.

Il principio di funzionamento si basa sulla misura del tempo impiegato da un segnale radio a percorrere la distanza satellite-ricevitore. Non conoscendo quando è stato trasmesso il segnale dal satellite, **per il calcolo della differenza dei tempi si utilizza l'orologio atomico presente sul satellite:**

il ricevitore calcola l'esatta distanza di propagazione dal satellite a partire dalla differenza (dell'ordine dei microsecondi) tra l'orario pervenuto e quello del proprio orologio sincronizzato con quello a bordo del satellite, tenendo conto della velocità di propagazione del segnale.

$$s = v t$$

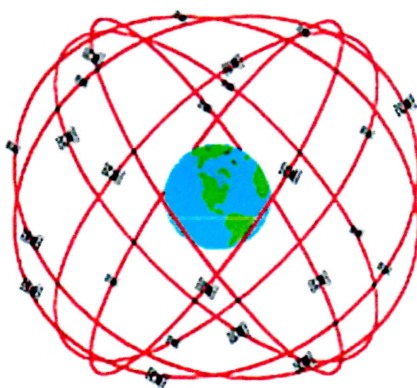
sostituisco a v, velocità la velocità della luce, $c = 299\,792,458 \text{ km/s}$

$$\begin{aligned} d &= ct \\ d_1 &= ct_1 \\ d_2 &= ct_2 \end{aligned}$$

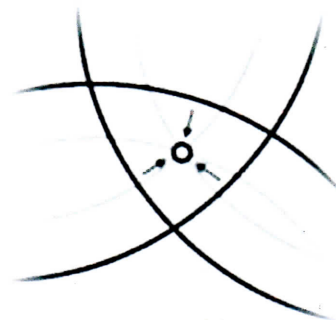
Noti quindi t_1 e t_2 posso determinare le 2 incognite longitudine e latitudine che descrivono la posizione del punto P.

Con 3 satelliti, quindi con dati noti t_1 , t_2 e t_3 posso conoscere anche l'incognita altitudine.

Nel sistema GPS le informazioni elaborate provengono almeno da 4 satelliti: il ricevitore deve risolvere un sistema di 4 incognite (latitudine, longitudine, altitudine e tempo) e il computer integrato utilizza questi segnali per determinare la distanza esatta da ciascuno dei quattro satelliti e per calcolare la posizione del ricevitore in base alle distanze rilevate, con un margine di errore di pochi metri, correggendo le variabili non eliminabili (stato dell'atmosfera, temperatura, presenza di nuvole ecc.).



COSTELLAZIONE GPS
24 satelliti in 6 orbite planetarie
4 satelliti in ogni orbita
20.200 km di altitudine
Inclinazione di 55°



Cognome e nome Campana Carolina Maria	Classe 1 A Liceo Scientifico	Data 07/04/2015	Gruppo pag.4/6
--	---------------------------------	--------------------	-------------------

OBIETTIVO E METODI

L'obiettivo dell'esperienza è la misura del raggio terrestre utilizzando l'algoritmo di Eratostene ed il GPS e verificare il risultato ottenuto con quello presente in letteratura, valutandone le incertezze e discutendone la ragionevolezza del valore.

Metodo:

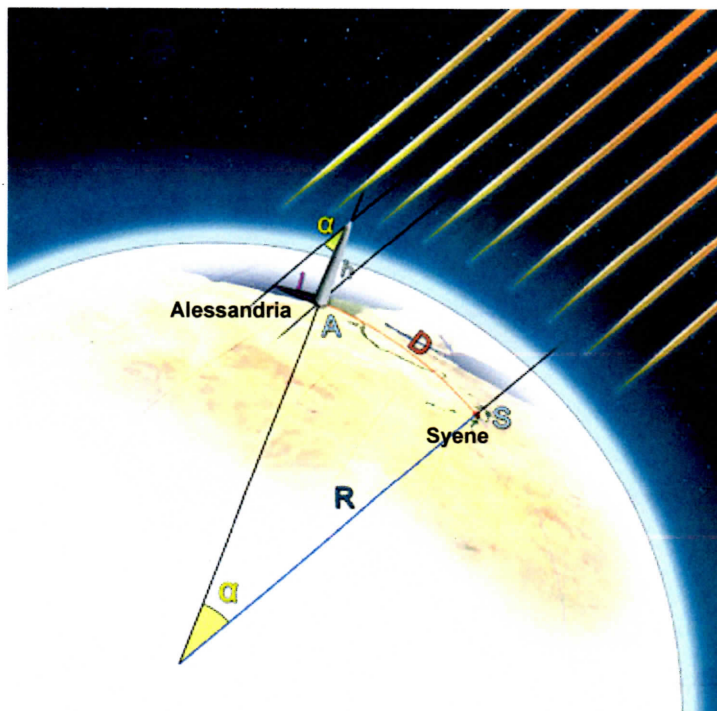
- 1) Determino con il GPS dell'app ([sunearthtools](#)) del mio Iphone 6 la posizione latitudine e longitudine del punto P_1 (casa mia).
- 2) Mi sposto in linea retta arrivando alla posizione P_2 (verifico sull'app l'invarianza della longitudine), e misuro L , la distanza percorsa sullo stesso meridiano (utilizzo la app del mio Iphone6)
- 3) Registro la latitudine del punto di arrivo P_2 .
- 4) Calcolo la differenza δ_λ in longitudine.
- 5) Utilizzo l'algoritmo di Eratostene sostituendo i valori da me ottenuti.

$$R_T = \frac{2\pi}{\delta_\lambda} L$$

dove R_T è il raggio terrestre

L è la distanza sullo stesso meridiano

δ_λ è la variazione in latitudine



Cognome e nome Campana Carolina Maria	Classe 1 A Liceo Scientifico	Data 07/04/2015	Gruppo pag.5/6
--	---------------------------------	--------------------	-------------------

DATI SPERIMENTALI E ANALISI

coordinate P ₁	Misura
latitudine	45.5323758 45° 31' 56.553" N
longitudine	10.2161997 10° 12' 58.319" E

P ₁
Via Gerolamo Romanino, 11 Brescia, Italia

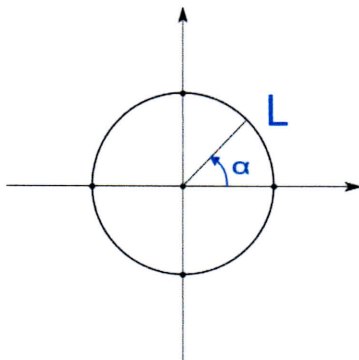
coordinate P ₂	Misura
latitudine	45.5523758 45° 33' 8.553" N
longitudine	10.2161997 10° 12' 58.319" E

P ₂
Via Vittorio Veneto, 70 Brescia, Italia

L	= 2,225 km
---	------------

δ _λ	= 2 x 10 ⁻² rad
----------------	----------------------------

$R_T = \frac{2\pi}{\delta_\lambda} L$	$R_T = \frac{L}{\alpha}$
---------------------------------------	--------------------------



$$2\pi : \alpha = 2\pi R : L$$

$$\frac{2\pi}{\alpha} = \frac{2\pi R}{L}$$

$R_T = \frac{L}{\alpha}$	$\frac{2,225 \text{ km}}{3,491 \times 10^{-4}}$
--------------------------	---

α	= 2 x 10 ⁻² x 2π / 360 = 3,491 x 10 ⁻⁴
---	--

R _T =	6.374,16 km
------------------	-------------

Cognome e nome	Classe	Data	Gruppo
Campana Carolina Maria	1 A Liceo Scientifico	07/04/2015	pag.6/6

RISULTATI E DISCUSSIONE

I valori riportati in letteratura sono:

raggio equatoriale 6.378,14 km

raggio polare 6.356,78 km

raggio media 6.371 km

raggio ottenuto dalla mia esperienza: **6.374 km**



Considerando le *incertezze di misura* dovute alle insormontabili imprecisioni degli strumenti da me utilizzati e alla forma della Terra che non è una sfera perfetta, ma un ellissoide (*geoide*) appiattito in corrispondenza dei Poli, comportando quindi la variazione del raggio a seconda di dove viene misurato, posso concludere affermando che **il valore da me ottenuto è accettabile e ragionevole**.

Per trovare il raggio terrestre proprio ad una latitudine considerata, dovrei muovermi su una circonferenza perpendicolare al meridiano, (che però non è il parallelo) ed utilizzare Pitagora o meglio la trigonometria.

